

RANCANG BANGUN ALAT UJI *JOMINY* MENURUT ASTM A255



PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan guna
memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)
Program Studi DIII Teknik Mesin

Disusun oleh:

AHMAD SABEKTI

I 8105004

**PROGRAM DIPLOMA III MESIN PRODUKSI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2009

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN

ALAT UJI *JOMINY* MENURUT ASTM A255



Disusun Oleh :
AHMAD SABEKTI
I 8105004

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk diajukan dihadapan Tim Penguji Tugas
Akhir Program Studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Pembimbing I

Pembimbing II

Eko Surojo, ST., MT.

NIP.19690411 200003 1 006

Purwadi Joko W., ST., MKom.

NIP.19730126 199702 1 001

HALAMAN PENGESAHAN
RANCANG BANGUN
ALAT UJI *JOMINY* MENURUT ASTM A255

Disusun oleh :

AHMAD SABEKTI

I 8 1 0 5 0 0 4

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada :

11 Agustus 2009

- | | | |
|----|------------------------------|-----|
| 1. | Ketua/Penguji I | |
| | Eko Surojo, ST.,MT. | () |
| 2. | Penguji II | |
| | Purwadi Joko W., ST., M Kom | () |
| 3. | Penguji III | |
| | Dr. Kuncoro Diharjo, ST., MT | () |
| 4. | Penguji IV | |
| | Heru Sukanto, ST., MT | () |

Mengetahui,
Ketua Program D-III Teknik
Fakultas Teknik UNS

Disahkan,
Koordinator Proyek Akhir
Fakultas Teknik

Zainal Arifin, S.T., M.T.
NIP.19730308 200003 1 001

Jaka Sulistya Budi, S.T.
NIP.19671019 199903 1 001

MOTTO

”Hai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kamu kepada Allah SWT dengan sebenar-benarnya taqwa. Dan janganlah kamu mati selain dalam keadaan Islam”. (Q.S. Al Imron, 102)

Warnai hidup dengan beribadah dan berbuat baik kepada sesama.

Orang yang sukses adalah orang yang bermanfaat bagi diri, orang lain, agama, nusa dan bangsa.

PERSEMBAHAN

Sebuah hasil karya yang kami buat demi menggapai sebuah cita-cita, yang ingin ku-persembahkan kepada:

Allah SWT, karena dengan rahmad serta hidayah-Nya saya dapat melaksanakan 'Tugas Akhir' dengan baik serta dapat menyelesaikan laporan ini dengan lancar

Kedua Orang Tua yang aku sayangi yang telah memberi dorongan moril maupun materil serta semangat yang tinggi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Kakak - kakakku yang aku sayangi.

My love yang aku cintai dan sayangi yang selalu mendukungku dalam suka maupun duka, siang maupun malam.

D III Produksi dan Otomotif angkatan 05' yang masih tertinggal, jangan patah semangat dan berjuang demi masa depan.

Ade'-ade' angkatanku, tingkatkan mutu dan kualitas diri, jangan pernah menyerah!!!

ABSTRAKSI

**Ahamad Sabekti, 2009, RANCANG BANGUN ALAT UJI JOMINY
MENURUT ASTM A255.**

Diploma III Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Proyek Akhir ini bertujuan merencanakan dan membuat alat uji *jominy* yang sesuai dengan ASTM A255 untuk keperluan praktikum uji *jominy* di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Metode dalam pembuatan alat ini adalah studi pustaka, perencanaan, pembuatan alat, pengujian alat dan terakhir proses *finishing*. Dari perancangan yang dilakukan, dihasilkan suatu alat bantu proses pendinginan dalam uji *jominy* dengan spesifikasi benda kerja, panjang 100 mm, diameter 25 mm, total biaya untuk pembuatan 1 unit alat ini adalah Rp. 773.500,-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah swt. yang memberikan limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga laporan Proyek Akhir dengan judul **RANCANG BANGUN ALAT UJI *JOMINY* MENURUT ASTM A255** ini dapat terselesaikan dengan baik tanpa halangan suatu apapun. Laporan Proyek Akhir ini disusun uantuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mata kuliah Proyek Akhir dan merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa DIII Teknik Mesin Produksi Universitas Sebelas Maret Surakarta dalam memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)

Dalam penulisan laporan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih atas bantuan semua pihak, sehingga laporan ini dapat disusun. Dengan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. yang selalu memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bapak Zainal Arifin, ST, MT Ketua Program D-III Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Eko Surojo, ST., MT. Selaku pembimbing Proyek akhir I.
4. Bapak Purwadi Joko W., ST., MKom. Selaku pembimbing Proyek akhir II.
5. Bapak Jaka Sulistya Budi, ST. selaku koordinator proyek akhir.
6. Bapak dan Ibu di rumah atas segala bentuk dukungan dan doanya.
7. Rekan-rekan D III Produksi dan Otomotif angkatan 05'
8. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu - persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik, pendapat dan saran yang membangun dari pembaca sangat dinantikan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca bagi pada umumnya, Amin.

Surakarta, Juli 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAKSI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Proyek Akhir.....	2
1.5. Manfaat Proyek Akhir.....	2
1.6. Metode Pemecahan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Statika.....	4
2.2. Proses Pengelasan	7
2.3. Proses Permesinan.....	9
BAB III ANALISA PERHITUNGAN	12
3.1. Prinsip Kerja	12
3.2. Perhitungan Rangka	14
3.3. Perhitungan Las.....	19
BAB IV PROSES PRODUKSI.....	21
4.1. Pembuatan Alat	21

4.1.1. Pembuatan Rangka.....	21
4.1.2. Pembuatan Corong.....	23
4.2. Proses Pengecatan.....	24
4.3. Perakitan.....	24
4.4. Estimasi Biaya.....	26
4.5. Perawatan Alat.....	27
BAB V PENUTUP.....	29
5.1. Kesimpulan.....	29
5.2. Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.1. Sketsa reaksi tumpuan rol.....</i>	<i>5</i>
<i>Gambar 2.2. Sketsa reaksi tumpuan sendi.....</i>	<i>6</i>
<i>Gambar 2.3. Sketsa reaksi tumpuan jepit</i>	<i>4</i>
<i>Gambar 2.4. Sketsa prinsip statika kesetimbangan</i>	<i>4</i>
<i>Gambar 2.5. Sketsa gaya dalam</i>	<i>5</i>
<i>Gambar 3.1. Sketsa alat uji jominy.....</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 3.2. Spesimen uji jominy.....</i>	<i>13</i>
<i>Gambar 3.3. Curve pancaran air.....</i>	<i>14</i>
<i>Gambar 3.4. Sketsa gaya dan tumpuan pada kerangka.....</i>	<i>15</i>
<i>Gambar 3.5. Reaksi gaya batang A-B.....</i>	<i>15</i>
<i>Gambar 3.6. Potongan batang A-B.....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 3.7. Potongan x-x (kiri).....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 3.8. Potongan y-y (kiri).....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 3.7. Potongan z-z (kanan).....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 3.8. Diagram NFD.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 3.11. Diagram SFD.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 3.12. Diagram BMD.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 4.1. Kontruksi rangka.....</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 4.2. Corong air.....</i>	<i>23</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Gaya dalam.....	18
Tabel 4.1. Daftar harga komponen alat.....	26
Tabel 4.2 Daftar harga komponen cat.....	27

DAFTAR NOTASI

A = luas penampang (mm^2).

d = diameter (mm).

F = gaya (N).

l = jarak (mm).

M = momen (kg.m).

I = momen inersia (kg/cm^2).

s = kecepatan pemakanan (mm/rev).

v = kecepatan (m/s).

σ_o = beban statis ijin (N/mm^2).

T_m = waktu permesinan

n = kecepatan putaran

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, kita dituntut untuk bekerja dengan cepat, efisien dan menghasilkan produk yang berkualitas. Salah satu cara untuk mempercepat proses produksi dan meningkatkan kualitas hasil produksi adalah dengan menggunakan mesin dalam proses produksi.

Proses produksi yang semula menggunakan tenaga manusia, saat ini telah dikerjakan oleh mesin. Dan hampir semua elemen mesin tersebut menggunakan logam sebagai material dasarnya. Agar mesin dapat digunakan dengan baik, maka harus menggunakan elemen mesin yang bagus dan berkualitas. Sifat kekerasan (*hardness*) suatu logam merupakan salah satu syarat utama dalam pemilihan bahan elemen mesin.

Perlakuan panas pada baja bertujuan untuk mengeraskan baja, dan meningkatkan ketahanan aus baja. Sifat mampu keras baja terjadi karena transformasi martensit melalui proses perlakuan panas yang dilanjutkan dengan pengaturan laju pendinginan.

Untuk mengetahui sifat mampu keras baja harus dilakukan pengujian mampu keras, atau yang disebut pengujian *jominy*. Alat uji *jominy* adalah sebagai alat bantu proses pendinginan (*quenching*) dalam melakukan pengujian mampu keras.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam proyek akhir ini adalah bagaimana merancang, membuat alat uji *jominy* yang meliputi :

1. Cara kerja alat.
2. Pemilihan bahan dalam proses pembuatan komponen.

3. Analisa perhitungan.
4. Perkiraan perhitungan biaya.
5. Pembuatan alat.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada proyek akhir ini adalah:

Perhitungan dibatasi hanya meliputi: perhitungan kekuatan rangka, dan kekuatan las, proses permesinan.

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari proyek akhir ini adalah merancang dan membuat alat uji *jominy* untuk keperluan praktikum di jurusan teknik mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

1.5. Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Secara teoritis

Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan tentang perencanaan, pembuatan alat uji *jominy*.

2. Secara Praktis

Mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah khususnya dalam bidang mata kuliah kerja bangku dan plat, permesinan, mekanika teknik, dan elemen mesin serta mengetahui karakteristik setiap komponen yang digunakan beserta cara kerjanya. Selain itu, peralatan ini juga dapat digunakan untuk penelitian lebih jauh mengenai karakteristik kekerasan logam.

1.6. Metode Pemecahan Masalah

Dalam penyusunan laporan menggunakan beberapa metode antara lain :

a. Studi pustaka.

Yaitu data diperoleh dengan merujuk pada beberapa literatur sesuai dengan permasalahan yang dibahas.

b. *Trial and error*.

Yaitu dengan melakukan beberapa kali percobaan/pembuatan langsung untuk mendapatkan mesin dengan spesifikasi yang dikehendaki

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Statika

Semua konstruksi diciptakan untuk dan harus dapat menahan berbagai macam gaya yang dibebankan (aksi). Suatu konstruksi akan stabil bila diletakkan diatas tumpuan yang baik. Tumpuan akan melawan gaya (aksi) yang diakibatkan oleh beban yang diteruskan oleh konstruksi kepada tumpuan. Gaya yang timbul dari tumpuan dan melawan aksi disebut reaksi. Dalam merencanakan konstruksi yang stabil harus diperhitungkan syarat keseimbangan luar, yaitu aksi = reaksi (Kamarwan, 1995).

2.1.1. Tumpuan

Dalam ilmu statika, tumpuan dibagi atas:

a. Tumpuan roll/penghubung.

Tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu, biasanya penumpu ini disimbolkan dengan:



Reaksi

Gambar 2.1. Sketsa reaksi tumpuan rol (Popov, 1996)

b. Tumpuan sendi

Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah

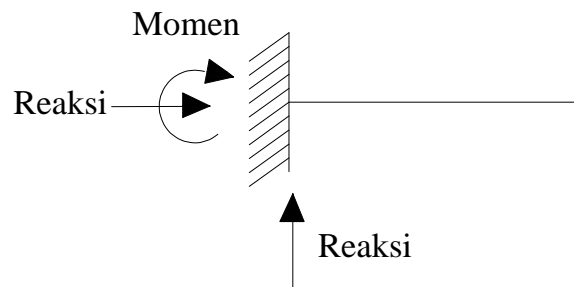


Reaksi

Gambar 2.2. Sketsa reaksi tumpuan sendi (Popov, 1996)

c. Tumpuan jepit

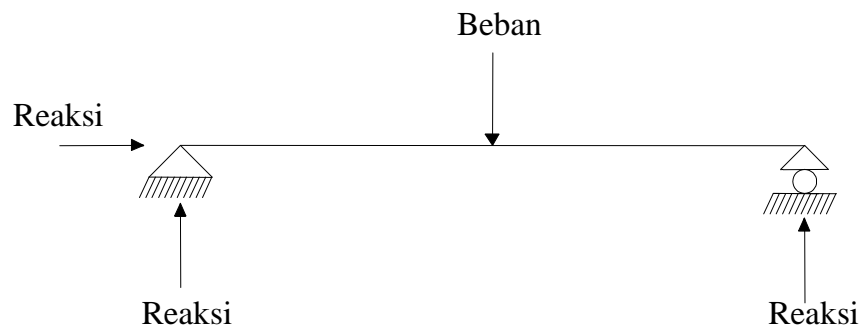
Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.



Gambar 2.3. Sketsa reaksi tumpuan jepit (Popov, 1996)

2.1.2. Gaya luar

Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan oleh beban (aksi) dan gaya yang timbul dari tumpuan (reaksi) yang menciptakan kestabilan konstruksi (Kamarwan, 1995).



Gambar 2.4. Sketsa prinsip statika kesetimbangan (Popov, 1996)

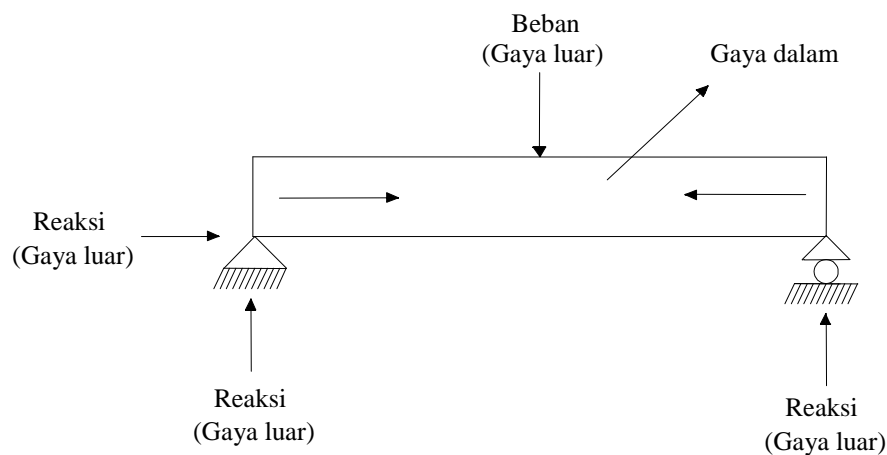
Jenis bebannya dibagi menjadi (Kamarwan, 1995):

1. Beban dinamis adalah beban sementara dan dapat dipindahkan pada konstruksi.
2. Beban statis adalah beban yang tetap dan tidak dapat dipindahkan pada konstruksi.
3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.

5. Beban terbagi variasi adalah beban yang tidak sama besarnya tiap satuan luas.
6. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
7. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.

2.1.3. Gaya dalam

Gaya dalam adalah gaya yang melawan gaya luar yang timbul dari kekuatan bahan konstruksi (Kamarwan, 1995).



Gambar 2.5. Sketsa gaya dalam (Popov, 1996)

- a. Gaya dalam dapat dibedakan menjadi (Kamarwan, 1995):
 1. Gaya normal (*normal force*) adalah gaya yang bekerja sejajar/searah sumbu batang.
 2. Gaya lintang/geser (*shearing force*) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.
 3. Momen lentur (*bending momen*) gaya yang menahan lentur sumbu batang.

Persamaan statik tertentu adalah (Kamarwan, 1996):

$\Sigma F = 0$ atau $\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ (tidak ada gaya resultan yang bekerja pada suatu benda)

$\Sigma M = 0$ (tidak ada resultan momen yang bekerja pada suatu benda)

b. Diagram gaya dalam

Diagram gaya dalam adalah diagram yang menggambarkan besarnya gaya dalam yang terjadi pada suatu konstruksi. Sedang macam-macam diagram gaya dalam itu sendiri adalah sebagai berikut (Kamarwan, 1995):

1. *Diagram gaya normal (NFD)*, diagram yang menggambarkan besarnya gaya normal yang terjadi pada suatu konstruksi.
2. *Diagram gaya geser (SFD)*, diagram yang menggambarkan besarnya gaya geser yang terjadi pada suatu konstruksi.
3. *Diagram moment (BMD)*, diagram yang menggambarkan besarnya momen lentur yang terjadi pada suatu konstruksi.

2.2. Proses Pengelasan

Dalam proses pengelasan rangka, jenis las yang digunakan adalah las listrik DC dengan pertimbangan akan mendapatkan sambungan las yang kuat. Pada dasarnya instalasi pengelasan busur logam terdiri dari bagian–bagian penting sebagai berikut (Kenyon, 1985):

1. Sumber daya, yang bisa berupa arus bolak balik (AC) atau arus searah (DC).
2. Kabel timbel las dan pemegang elektroda.
3. Kabel balik las (bukan timbel hubungan ke tanah) dan penjepit.
4. Hubungan ke tanah.

Fungsi lapisan elektroda antara lain sebagai berikut (Kenyon, 1985):

1. Menyediakan suatu perisai yang melindungi gas sekeliling busur api dan logam cair.
2. Membuat busur api stabil dan mudah dikontrol.
3. Mengisi kembali setiap kekurangan yang disebabkan oksidasi elemen–elemen tertentu dari genangan las selama pengelasan dan menjamin las mempunyai sifat–sifat mekanis yang memuaskan.

4. Menyediakan suatu terak pelindung yang juga menurunkan kecepatan pendinginan logam las dan dengan demikian menurunkan kerapuhan akibat pendinginan.
5. Membantu mengontrol (bersama-sama dengan arus las) ukuran dan frekuensi tetesan logam cair.
6. Memungkinkan dipergunakannya posisi yang berbeda.

Dalam las listrik, panas yang akan digunakan untuk mencairkan logam diperoleh dari busur api dan fluks yang timbul antara benda kerja yang dilas dan kawat logam yang disebut elektroda. Elektroda ini terpasang pada pegangan atau holder las dan didekatkan pada benda kerja hingga busur listrik terjadi. Karena busur listrik itu, maka timbul panas dengan temperatur kira-kira 6000°C yang dapat mencairkan logam (Kenyon, 1985).

1. Jenis-jenis sambungan las (Khurmi dan Gupta, 2002):

Ada beberapa jenis sambungan las, yaitu:

- a. *Butt join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang sama
- b. *Lap join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang paralel
- c. *Edge join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang paparel, tetapi sambungan las dilakukan pada ujungnya.
- d. *T-join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.
- e. *Corner join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.

2. Memilih besarnya arus

Besarnya arus listrik untuk pengelasan tergantung pada diameter elektroda dan jenis elektroda. Tipe atau jenis elektroda tersebut misalnya: E 6010, huruf E tersebut singkatan dari elektroda, 60 menyatakan kekuatan tarik terendah setelah dilaskan adalah 60.000 kg/mm^2 , angka 1 menyatakan posisi pengelasan segala posisi dan angka 0 untuk pengelasan datar dan horisontal. Angka keempat adalah menyatakan jenis selaput elektroda dan jenis arus (Kenyon, 1985).

2.3. Proses Permesinan

Proses permesinan pada pembuatan alat uji *jominy* menggunakan mesin bor (*drilling*). Mesin bor adalah salah satu mesin perkakas yang umum dimana operasinya untuk membuat lubang baru atau memperbesar/memperdalam lubang yang sudah ada (Marsyahyo, 2003).

2.3.1. Bagian-bagian utama mesin bor (Marsyahyo, 2003):

1. *Spindle* adalah bagian yang menggerakkan mata bor.
2. *Drill head* adalah bagian yang menopang mekanisme penggerak pisau potong dan menghantarkan ke benda kerja.
3. *Push button*
4. *Column*
5. Lengan radial adalah bagian dari mesin bor radial yang dapat bergerak naik-turun maupun putar dimana motor penggerak dan *drill head* terpasang.
6. Meja adalah bagian yang menopang seluruh bagian-bagian mesin bor dimana meja terbuat dari material besi cor dengan kekakuan tinggi dan stabilitas yang mantap.

2.3.2. Jenis-jenis mesin bor (Marsyahyo, 2003):

1. Mesin bor meja : digunakan untuk proses bor sederhana, dimana dalam pengoperasiannya menggunakan penekanan tangan pada

hand feed lever atau otomatis untuk menurunkan mata bor menuju benda kerja.

2. Mesin bor tegak : jenis mesin bor meja dengan kemampuan mengerjakan benda kerja ukuran yang lebih besar, dimana proses pemakanan dari mata bor dapat dikendalikan secara otomatis naik-turun.
3. Mesin bor radial : mesin bor yang mampu digunakan untuk benda kerja dengan dimensi yang relatif besar dengan mata bor yang juga besar.
4. Mesin bor gang : mesin bor yang mempunyai lebih dari satu spindel, biasanya empat spindel dengan satu buah meja. Mesin ini digunakan untuk melakukan beberapa operasi sekaligus sehingga lebih cepat. Untuk produksi massal terdapat 20 atau lebih spindel dengan sebuah kepala penggerak.

2.3.3. Faktor untuk menentukan spesifikasi operasional mesin bor (Marsyahyo, 2003):

1. *Range* kecepatan rotasi yang tersedia.
2. Maksimum dan minimum ukuran mata bor (*drill*) yang dapat digunakan.
3. Daya motor.
4. Jarak spindel naik-turun.
5. Jarak maksimum antara spindel dan meja.
6. Jarak maksimum dari column kepusat spindel.

2.3.4. Waktu permesinan pada mesin bor adalah (Jutz, 1996):

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \quad (2.1)$$

$$L = l + 0,3 \cdot d \quad (2.2)$$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (2.3)$$

Dimana:

T_m = Waktu permesinsn (min)

L = panjang langkah (mm)

d = diameter (mm)

n = putaran (rpm)

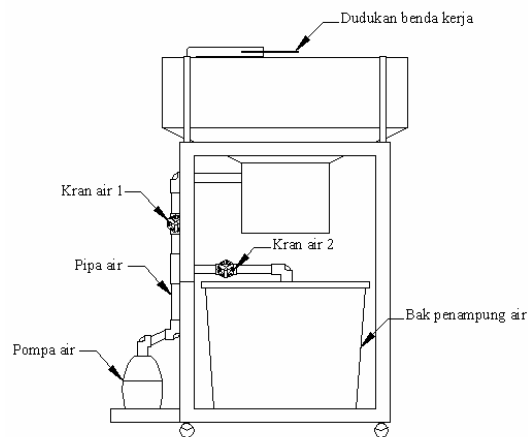
S_r = kedalaman pemakanan (mm/rev)

V = kecepatan pemakanan (m/min)

BAB III

ANALISA PERHITUNGAN

3.1. Prinsip Kerja

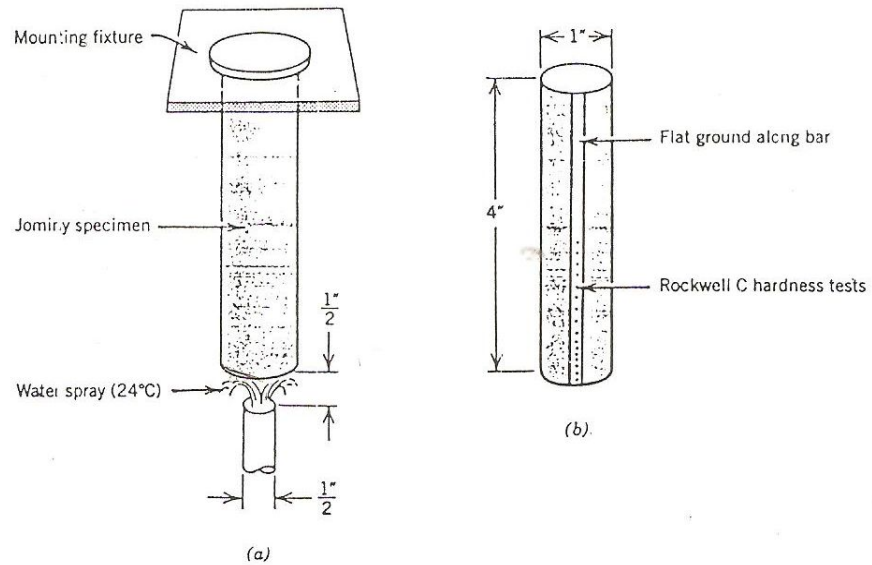


Gambar 3.1. Sketsa alat uji *Jominy*

Alat uji *Jominy* adalah alat bantu proses pendinginan (*quenching*) dalam pengujian mampu keras pada baja. Sifat mampu keras terjadi karena transformasi martensit melalui proses perlakuan panas yang dilanjutkan dengan pengaturan laju *quenching* (pendinginan secara cepat dan mendadak).

Pengujian dilakukan dengan *spesimen* berupa sepotong baja silinder berukuran panjang 4 inchi (100 mm), diameter 1 inchi (25 mm) dengan tinggi pancaran air dari ujung *nozel* 65 mm (ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS, 1998).

Spesimen tersebut dipanaskan dalam alat pemanas, setelah *spesimen* mencapai suhu dan waktu yang telah ditentukan, kemudian *spesimen* dikeluarkan dengan cepat, diletakkan pada dudukan yang berada tepat diatas *nozel* yang memancarkan air dari bak penampung air. Setelah *spesimen* tersebut dingin kemudian diambil untuk dilakukan pengujian *rockwell* dan membuat *hardenability curve*.



Gambar 3.2. Spesimen uji Jominy (Callister, 1996)

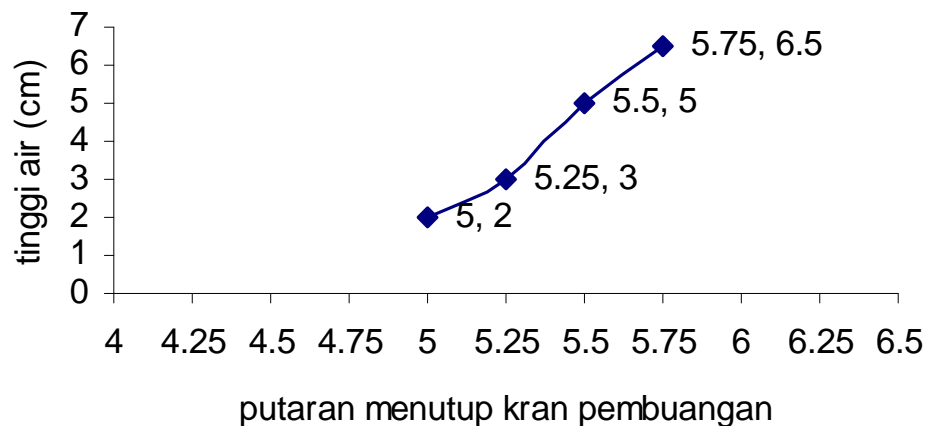
Bagian-bagian utama dari alat uji *jominy* antara lain:

- Rangka
- Corong air
- Pompa air
- Bak penampung air
- Bagian pendukung : pipa air, *nozel*, selang, kran dan lain-lain.

Cara melakukan praktikum uji *jominy* antara lain:

- Memanaskan spesimen yang akan diuji.
- Setelah *spesimen* hampir mencapai suhu dengan waktu yang ditentukan, menghubungkan stop kontak pada pompa air dengan listrik PLN, menekan saklar pada posisi ON.
- Memeriksa ketinggian pancaran air dari ujung *nozel* (65 mm), jika belum sesuai maka disesuaikan terlebih dahulu. Penyesuaian dilakukan dengan membuka penuh kran pancaran dan pembuangan (diputar searah jarum jam) air mengalir hanya melalui pipa pembuangan, agar air dapat memancar dengan ketinggian pancaran air yang sesuai maka harus menutup sebagian kran pembuangan (memutar berlawanan jarum jam).

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, diperoleh kurva perbandingan putaran menutup kran pembuangan dengan tinggi pancaran air :



Gambar 3.3. Kurva pancaran air

4. Setelah baja silinder mencapai suhu dengan waktu yang ditentukan, mengeluarkan *spesimen* dari alat pemanas secara cepat kemudian diletakkan pada permukaan benda kerja.
5. Setelah *spesimen* tersebut dingin kemudian dilakukan pengujian *rockwell*.
6. Membuat *hardenability curve*.

3.2. Perhitungan Rangka

Dalam perancangan alat ini, dibutuhkan sebuah komponen yang mampu menopang berbagai komponen lain, yaitu rangka. Rangka alat uji jominy ini mempunyai beberapa fungsi yang penting, antara lain:

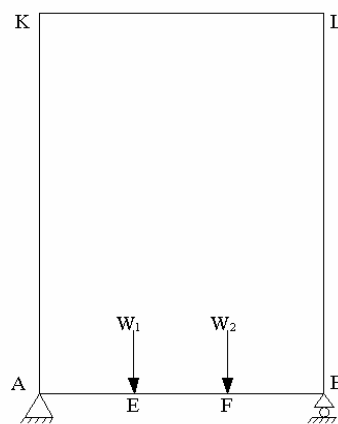
1. Tempat menopang corong air.
2. Tempat menopang bak penampung air.
3. Tempat menopang pompa air.
4. Tempat menopang pralon atau pipa air.

Adapun rangka dari alat ini disusun dari batang - batang baja profil L yang harus mempunyai kekuatan menopang komponen alat tersebut, serta kuat menahan getaran dari pompa air dan pancaran air. Selain itu, kerangka tersebut harus mempunyai ketahanan yang baik.

Karena dalam perencanaan kerangka beban utama bertumpu pada 4 batang yang sama panjang (60 cm) terbagi 6 titik (4 titik pada batang A – B, C – D, 2 titik pada batang B – C, D – A). Maka beban utama dibagi 6 ($W/6 = 60/6 = 10 \text{ kg.}$)

3.2.1. Menentukan momen maksimum pada kerangka.

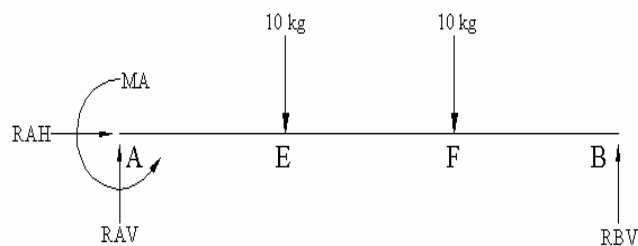
Dari perancangan rangka tersebut, diperoleh gambar sketsa kerangka:



Gambar 3.4. Sketsa gaya dan tumpuan pada kerangka

Keterangan : W : 60 kg (bak berisi air) $W/6 = 10 \text{ kg.}$

Reaksi gaya pada batang A – B :



Gambar 3.5. Reaksi gaya batang A - B

Kesetimbangan gaya :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{AH} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{AV} - 10 \text{ kg} - 10 \text{ kg} + R_{BV} = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 20 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-10 \text{ kg} \cdot 20 \text{ cm} - 10 \text{ kg} \cdot 40 \text{ cm} + R_{BV} \cdot 60 \text{ cm} = 0$$

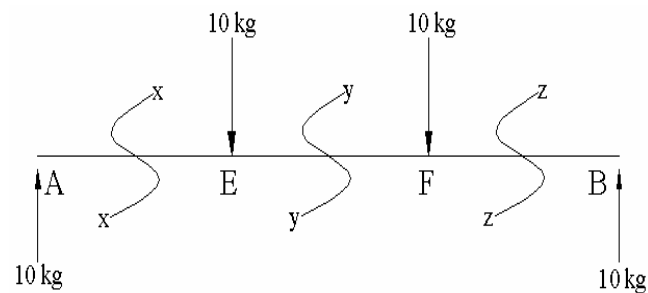
$$R_{BV} \cdot 60 \text{ cm} = 600 \text{ kg.cm}$$

$$R_{BV} = 10 \text{ kg}$$

$$R_{AV} = 10 \text{ kg}$$

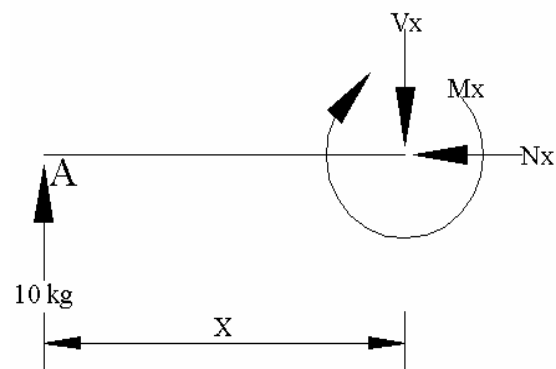
3.2.2. Menentukan gaya dalam

1. Batang A - B



Gambar 3.6. Potongan batang A-B

Potongan x - x (kiri)



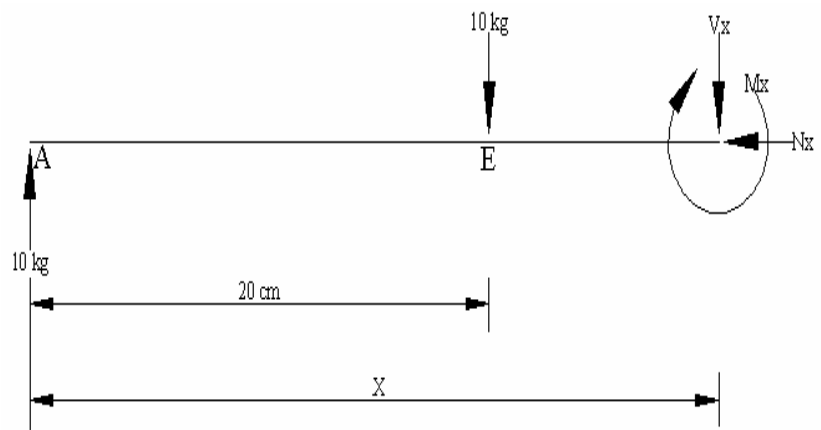
Gambar 3.7. Potongan x - x (kiri)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 10 \text{ kg}$$

$$M_x = 10 \text{ kg} \cdot X$$

Potongan y – y (kiri)



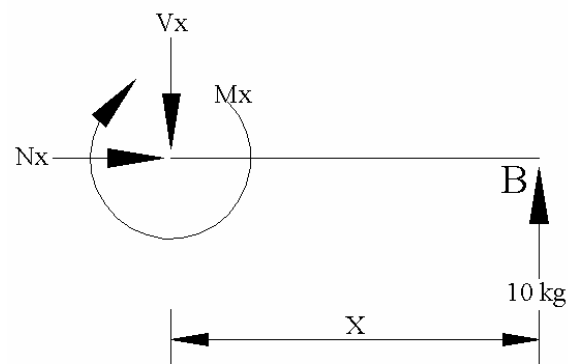
Gambar 3.8. Potongan y - y (kiri)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 10 \text{ kg} - 10 \text{ kg} = 0$$

$$M_x = 10 \text{ kg} \cdot (20 + X) - 10 \text{ kg} \cdot X$$

Potongan z – z (kanan)



Gambar 3.9. Potongan z - z (kanan)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 10 \text{ kg}$$

$$M_x = 10 \text{ kg} \cdot X$$

Tabel 3.1 Gaya dalam pada rangka

Label	X	N_x	V_x	M_x
A - E				
A	$X = 0$	$N_A = 0$	$V_A = 0$	$M_A = 0$
E	$X = 20$	$N_E = 0$	$V_E = 10$	$M_E = 200$
A - F				
A	$X = 0$	$N_A = 0$	$V_A = 0$	$M_A = 0$
F	$X = 40$	$N_F = 0$	$V_F = 0$	$M_E = 200$
B - F				
B	$X = 0$	$N_B = 0$	$V_B = 0$	$M_B = 0$
F	$X = 20$	$N_F = 0$	$V_F = 10$	$M_F = 200$

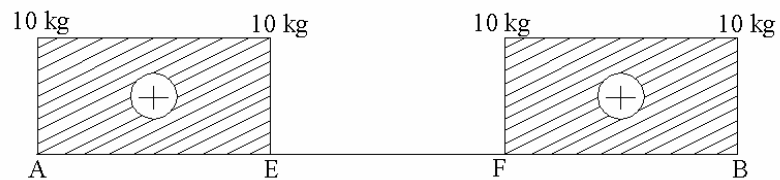
3.2.3. Gambar diagram gaya dalam

1. NFD



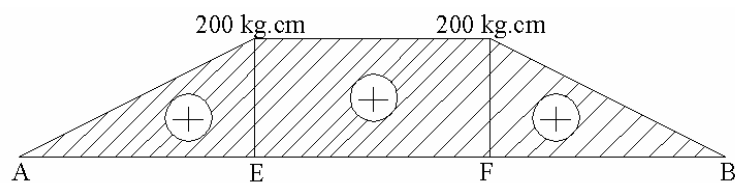
Gambar 3.10. Diagram NFD

2. SFD



Gambar 3.11. Diagram SFD

3. BMD



Gambar 3.12. Diagram BMD

Pada konstruksi rangka digunakan baja profil L (35 mm x 35 mm x 3 mm) dengan $A = 201 \text{ mm}^2$. Dan dari hasil perhitungan, dapat diketahui besar momen maksimum dari rangka tersebut adalah = 200 kg.cm.

Sehingga dari data tersebut maka dapat ditentukan tegangan tarik dari rangka tersebut sebesar :

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana :

$$M = 200 \text{ kg.cm} \quad (\text{lampiran 1})$$

$$y = 0,986 \text{ cm} \quad (\text{lampiran 1})$$

$$I = 0,024 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = 0,024 \cdot 10^2 \text{ cm}^4 \quad (\text{lampiran 1})$$

Sehingga :

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{200 \cdot 0,986}{0,024 \cdot 10^2}$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = 82,17 \text{ kg/cm}^2$$

Sedangkan pada perencanaan rangka tersebut dipilih baja ST 37 dengan :

$$- \text{ Kekuatan tarik bahan, } \sigma_{\text{tarik}} = 3700 \text{ kg/cm}^2.$$

$$- \text{ keamanan, } (Sf) = 4$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{3700}{4} = 1350 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa $\sigma_{\text{tarik}} < \sigma_{\text{ijin}}$, maka konstruksi aman.

3.3. Perhitungan Las

Pengelasan yang digunakan pada konstruksi rangka alat uji *jominy* ini adalah las *V-butt joint*. Perhitungan kekuatan las pada sambungan tepi pada rangka dengan tebal plat 3 mm, panjang pengelasan 35 mm, sehingga untuk memperhitungkan kekuatan las ditentukan A dengan :

$$A = 3 \text{ mm} \cdot \sin 45 \cdot 35 \text{ mm}$$

$$= 3 \text{ mm} \cdot 0,707 \cdot 35 \text{ mm}$$

$$= 74,235 \text{ mm}^2$$

Maka tegangan yang terjadi pada sambungan

$$\sigma = \frac{F \max}{A}$$

$$\sigma = \frac{15 \text{ kg}}{74,235}$$

$$= 0,202 \text{ kg/mm}^2$$

Elektroda yang digunakan E 6013

E 60 = kekuatan tarik terendah setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm²

1 = posisi pengelasan mendatar, vertical atas kepala dan horizontal

3 = jenis listrik adalah DC polaritas balik (DC+) diameter elektroda 2,6 mm, arus 230 – 270 A, tegangan 27-29 V

Karena σ pengelasan < σ_{ijin} maka pengelasan aman.

BAB IV

PROSES PRODUKSI

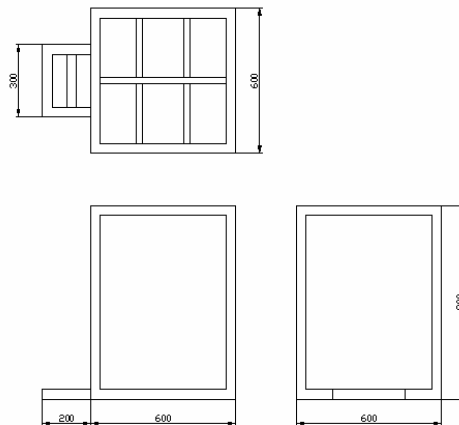
4.1. Pembuatan Alat

Alat ini dibuat atas kerjasama antara mahasiswa UNS dengan bengkel mesin UNS. Untuk menyelesaikannya dibutuhkan waktu 3 bulan. Beberapa komponen yang dikerjakan mahasiswa antara lain adalah rangka.

4.1.1. Pembuatan Rangka

Bahan yang digunakan adalah :

Besi profil L 35 x 35 x 3 bahan ST-37



Gambar 4.1. Konstruksi rangka

1. Langkah Pengerjaan

Untuk tiang :

Memotong besi kanal siku 35 x 35 x 3 sepanjang 80 cm sebanyak 4 buah.

Untuk landasan corong dan bak air :

Memotong besi kanal siku 35 x 35 x 3 sepanjang 60 cm sebanyak 8 buah.

Untuk landasan pompa air :

Memotong besi kanal siku 35 x 35 x 3 sepanjang 30 cm sebanyak 1 buah dan 20 cm 2 buah.

Untuk dudukan benda kerja :

Memotong besi profil segi empat 25 x 25 sepanjang 26 cm dan 28 cm

Untuk dudukan bak air :

Memotong besi steel strip 3 x 25 sepanjang 52 cm sebanyak 2 buah.

2. Waktu pengelasan

Potongan-potongan tersebut disambung dengan las listrik menggunakan elektroda berdiameter 2,6 mm dengan arus 60 – 70 Ampere, 220 Volt dan asumsi kecepatan pengelasan yang digunakan yaitu 2,5 mm/dt.

Pengelasan yang dilakukan sepanjang 35 x 24 = 840 mm.

$$25 \times 11 = \underline{275 \text{ mm.}}$$

$$1115 \text{ mm.}$$

Waktu Pengelasan listrik :

$$\begin{aligned} T_m &= \frac{\text{panjang pengelasan}}{\text{kecepatan pengelasan}} \\ &= \frac{1115}{2,5} \\ &= 446 \text{ dt} \\ &= 7.44 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu setting 10 menit

Waktu total pengelasan adalah $10 + 7.44 = 17.44$ menit.

3. Waktu permesinan

Proses pelubangan (*drilling*) untuk kanal siku dengan diameter 10 mm

Diketahui data-data sebagai berikut :

Tebal pelubangan (l) = 3 mm

Kedalaman pemakanan (S_r) = 0,18 mm/put

Kecepatan pelubangan (V) = 18 m/menit

Putaran yang terjadi :

$$\begin{aligned} n &= \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d} \\ &= \frac{18000}{\pi \cdot 10} \\ &= 573,24 \end{aligned}$$

Putaran yang dipakai 450 rpm

Waktu untuk sekali pelubangan diameter 10mm sedalam 3 mm :

$$\begin{aligned} T_m &= \frac{0,3 \cdot d + l}{S_r \cdot n} \\ &= \frac{0,3 \cdot 10 + 3}{0,18 \cdot 450} \\ &= 0,074 \text{ menit} \end{aligned}$$

Pengeboran dilakukan di 8 titik, sehingga waktu pengeboran :

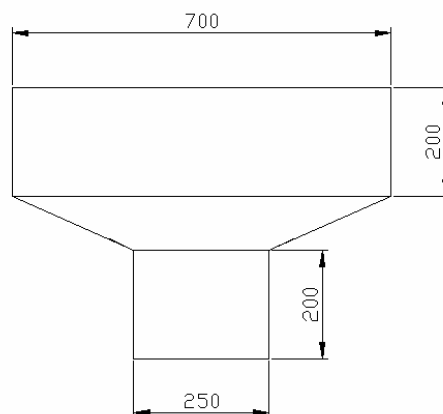
$$\begin{aligned} &= 8 \times 0,074 \\ &= 0,592 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu setting 10 menit

Waktu total pelubangan (*drilling*)

$$= 10,592 \text{ menit}$$

4.1.2. Membuat Corong Air



Gambar 4.2. Corong Air

Bahan yang digunakan adalah lembaran plat dengan tebal 1 mm, dengan ukuran diameter bagian atas 70 cm, tinggi 20 cm, diameter bagian bawah 25 cm, tinggi 20 cm.

Langkah pembuatan corong:

1. Membuat pola gambar pada plat sesuai ukuran
2. Memotong plat pada pola dengan gunting plat
3. Menekuk dan menyambung plat.
4. Finishing.

4.2. Proses Pengecatan

Langkah pengerjaan dalam proses pengecatan yaitu :

1. Membersihkan seluruh permukaan benda dengan amplas dan air untuk menghilangkan korosi.
2. Pengamplasan dilakukan beberapa kali sampai permukaan benda luar dan dalam benar-benar bersih dari korosi.
3. Memberikan cat dasar atau *poxi* keseluruhan bagian yang akan dicat.
4. Mengamplas kembali permukaan yang telah diberi cat dasar (*poxi*) sampai benar-benar halus dan rata sebelum dilakukan pengecatan.
5. Melakukan pengecatan warna.

4.3. Perakitan

Perakitan merupakan tahap terakhir dalam proses perancangan dan pembuatan suatu mesin atau alat, dimana suatu cara atau tindakan untuk menempatkan dan memasang bagian-bagian dari suatu mesin yang digabung dari satu kesatuan menurut pasangannya, sehingga akan menjadi perakitan mesin yang siap digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan.

Sebelum melakukan perakitan hendaknya memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Komponen-komponen yang akan dirakit, telah selesai dikerjakan dan telah siap ukuran sesuai perencanaan.

2. Komponen-komponen standart siap pakai ataupun dipasangkan.
3. Mengetahui jumlah yang akan dirakit dan mengetahui cara pemasangannya.
4. Mengetahui tempat dan urutan pemasangan dari masing-masing komponen yang tersedia.
5. Menyiapkan semua alat-alat bantu untuk proses perakitan.

Komponen- komponen dari alat ini adalah :

1. Rangka.
2. Corong
3. Dudukan benda kerja
4. Pipa air (pralon)
5. *Nozel*
6. Kran
7. Selang
8. Klem pralon
9. Mur dan baut
10. Roda.

Langkah-langkah perakitan :

1. Menyiapkan rangka alat yang telah dilas sesuai desain.
2. Memasang roda.
3. Memasang corong air dan penguncinya.
4. Memasang dudukan benda kerja.
5. Memasang pralon beserta klemnya, kran, nozel, dan selang.
6. Memasang pompa air pada dudukannya.
7. Memasang bak air.
8. Alat uji *jominy* siap digunakan.

4.4. Estimasi Biaya

4.4.1. Perhitungan Biaya Operator.

Mesin drill.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Waktu pemakaian total (biaya sewa + biaya operator)} \\
 &= (10,592) \text{ menit (Rp 10.000/jam + Rp 5.000/jam)} \\
 &= \text{Rp 3.500,-}
 \end{aligned}$$

Pengelasan.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Waktu pemakaian total (biaya sewa + biaya operator)} \\
 &= (17.44) \text{ menit (Rp 20.000/jam + Rp 5.000/jam)} \\
 &= \text{Rp 7.500,-}
 \end{aligned}$$

4.4.2. Komponen Alat.

Tabel 4.1. Daftar harga komponen alat

No	Komponen	Jumlah	Harga satuan	Total harga
1.	Mur dan baut M14x1.5	3	Rp. 1.000	Rp. 3.000
2.	Mur dan baut M10 x1.5	3	Rp. 1.000	Rp. 3.000
3.	Mur dan baut M 8 x1.5	4	Rp 1.000	Rp. 4.000
4.	Jasa pembuatan corong	1	Rp. 275.000	Rp. 275.000
5.	Besi siku 35 x 35 x 3	2	Rp. 111.000	Rp. 222.000
6.	Elektroda AWS	½ kg	Rp. 76.000/kg	Rp. 38.000
7.	Besi profil segi empat	1	Rp. 20.000	Rp. 20.000
8.	Plat tebal 3 mm	1 kg	Rp. 15.000/kg	Rp. 15.000
9.	Klem pralon	2	Rp. 1.500	Rp. 3.000
10.	Bak air	1	Rp. 57.000	Rp. 57.000
11.	Gerinda potong	1	Rp. 12.500	Rp. 12.500
Jumlah				Rp 652.500

4.4.3. Komponen Cat

Tabel 4.2. Daftar harga komponen cat

No	Komponen	Jumlah	Harga satuan	Total harga
1.	Amplas 1000	1	Rp. 2.000/lembar	Rp. 2.000
2.	Amplas 400	1	Rp. 2.000/lembar	Rp. 2.000
3.	Thiner ND	1	Rp. 12.500/liter	Rp. 12.500
4.	Dempul San Polac	1	Rp. 8.500/kaleng	Rp. 8.500
5.	Cat Hamertone	1	Rp. 30.000/kaleng	Rp. 30.000
6.	Kuas 2"	1	Rp. 5000	Rp. 5.000
Jumlah				Rp.60.000

Biaya total pembuatan mesin reaktor pirolisis.

Biaya mesin bor	Rp	3.500
Biaya Pengelasan	Rp	7.500
Komponen alat	Rp.	722.500
Komponen cat	Rp.	60.000
Biaya lain-lain	<u>Rp.</u>	<u>50.000</u> +
Total	<u>Rp.</u>	<u>773.500</u>

4.5. Perawatan Alat

Perawatan merupakan suatu kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan terhadap suatu alat, mesin atau sistem yang mempunyai tujuan antara lain :

1. Mencegah terjadinya kerusakan mesin pada saat dibutuhkan atau beroperasi.
2. Memperpanjang umur mesin.
3. Mengurangi kerusakan-kerusakan yang tidak diharapkan.

Perawatan yang baik dilakukan pada sebuah alat atau mesin adalah melakukan tahapan-tahapan perawatan. Hal ini berarti menggunakan sebuah siklus penjadwalan perawatan, yaitu :

1. Inspeksi (pemeriksaan).
2. Perbaikan kecil (*small repair*).
3. Perbaikan total atau bongkar mesin (*complete over houle*).

Seperti pada industri manufaktur pada umumnya apabila tahap-tahap di atas terjadwal dan dilaksanakan dengan tertib, maka untuk prestasi tertinggi dan efektifitas mesin dapat tercapai dengan maksimal. Dalam mesin ini secara terperinci perawatan dapat dilakukan dengan meliputi :

1. Pompa air :

Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan perawatan antara lain :

- a. Melakukan pemeriksaan putaran kipas.
- b. Melakukan pemeriksaan sambungan kabel pada saklar.

2. Bak penampung air

Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan perawatan antara lain :

- a. Membuang air bekas pengujian.
- b. Melakukan pemeriksaan pada saluran pembuangan.
- c. Membersihkan dinding bak air.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan alat uji *jominy* dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Ukuran benda kerja, panjang 100 mm, diameter 254 mm.
- b. Volume maksimal air yang digunakan 40 liter agar air di dalam bak tidak memercik keluar.
- c. Saat air turun masih sedikit memercik keluar dari corong.
- d. Total biaya untuk pembuatan 1 unit mesin ini adalah \pm Rp. 773.500,-

5.2 Saran

- a. Sesudah digunakan sebaiknya alat harus dibersihkan agar selalu dalam keadaan baik.
- b. Tidak mengisi bak dengan air yang terlalu banyak atau melebihi batas maksimal pengisian (40 liter) agar air di dalam bak tidak memercik keluar.
- c. Setelah menghidupkan pompa sebaiknya memeriksa ketinggian pancaran air dari ujung nozel (65 mm).

DAFTAR PUSTAKA

- ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS, 1998, *Standard Test Method for End-Quench Test for Hardenability of Steel*, American Society for Testing and Materials.
- Callister W. D. J, 1996, *Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America
- Jutz H. dan Scharkus E., 1996, *Westermann Tables for the Metal Trade*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Kamarwan S.S., 1995, *Statika Bagian Dari Mekanika Teknik*, UI-PRESS, Jakarta.
- Kenyon W. dan Ginting D., 1985, *Dasar-dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- Khurmi R.S. dan Gupta J.K., 2002, *Machine Design*, S. C Had & Company LTD, Ram Nagar-New Delhi.
- Marsyahyo E., 2003, *Mesin Perkakas Pemotongan Logam*, Bayumedia Publishing, Jakarta.
- Popov E.P., 1996, *Mekanika Teknik (Machine of Material)*, Erlangga, Jakarta.
- Singer F.L. dan Pytel, Andrew, 1995, *Kekuatan Bahan*, Erlangga, Jakarta.

Lampiran 1. Sifat Penampang Siku Sama, menurut CAN 3 – 6312, 3 – M78 (Singer dkk, 1995)

TABEL B-5. Sifat Penampang Siku Sama

UKURAN DAN TEBAL (mm)	MASSA TIO- RITIS (kg/m)	LUAS (mm ²)	SUMBU X-X DAN SUMBU Y-Y				SUMBU Z-Z
			I (10 ⁸ mm ⁴)	$S = \frac{I}{c}$ (10 ³ mm ³)	$r = \sqrt{I/A}$ (mm)	r_y (mm)	$r_z = \sqrt{I/A}$ (mm)
200 × 200 × 30	87.1	11 100	40.3	290	60.3	60.9	39.0
× 25	73.6	9 380	34.8	247	60.9	59.2	39.1
× 20	59.7	7 600	28.8	202	61.6	57.4	39.3
× 16	48.2	6 140	23.7	165	62.1	55.9	39.5
× 13	39.5	5 030	19.7	136	62.6	54.8	39.7
× 10	30.6	3 900	15.5	106	63.0	53.7	39.9
150 × 150 × 20	44.0	5 600	11.6	110	45.5	44.8	29.3
× 16	35.7	4 540	9.63	90.3	46.0	43.4	29.4
× 13	29.3	3 730	8.05	74.7	46.4	42.3	29.6
× 10	22.8	2 900	6.37	58.6	46.9	41.2	29.8
125 × 125 × 16	29.4	3 740	5.41	61.5	38.0	37.1	24.4
× 13	24.2	3 080	4.54	51.1	38.4	36.0	24.5
× 10	18.8	2 400	3.62	40.2	38.8	34.9	24.7
× 8	15.2	1 940	2.96	32.6	39.1	34.2	24.8
100 × 100 × 16	23.1	2 340	2.65	38.3	30.0	30.8	19.5
× 13	19.1	2 430	2.24	31.9	30.4	29.8	19.5
× 10	14.9	1 900	1.80	25.2	30.8	28.7	19.7
× 8	12.1	1 540	1.48	20.6	31.1	28.0	19.8
× 6	9.14	1 160	1.14	15.7	31.3	27.2	19.9
90 × 90 × 13	17.0	2 170	1.60	25.6	27.2	27.2	17.6
× 10	13.3	1 700	1.29	20.2	27.6	26.2	17.6
× 8	10.8	1 380	1.07	16.5	27.8	25.5	17.7
× 6	8.20	1 040	0.826	12.7	28.1	24.7	17.9

75 × 75 × 13	14.0	1 780	0.892	17.3	22.4	23.5	14.6
× 10	11.0	1 400	0.725	13.8	22.8	22.4	14.6
× 8	8.92	1 140	0.602	11.3	23.0	21.7	14.7
× 6	6.78	864	0.469	8.68	23.3	21.0	14.8
× 5	5.69	725	0.398	7.32	23.4	20.6	14.9
65 × 65 × 10	9.42	1 200	0.459	10.2	19.6	19.9	12.7
× 8	7.66	976	0.383	8.36	19.8	19.2	12.7
× 6	5.84	744	0.300	6.44	20.1	18.5	12.8
× 5	4.91	625	0.255	5.45	20.2	18.1	12.9
55 × 55 × 10	7.85	1 000	0.268	7.11	16.4	17.4	10.7
× 8	6.41	816	0.225	5.87	16.6	16.7	10.7
× 6	4.90	624	0.177	4.54	16.9	16.0	10.8
× 5	4.12	525	0.152	3.85	17.0	15.6	10.8
× 4	3.33	424	0.125	3.13	17.1	15.2	10.9
× 3	2.52	321	0.096	2.39	17.3	14.9	11.0
45 × 45 × 8	5.15	656	0.118	3.82	13.4	14.2	8.76
× 6	3.96	504	0.094	2.98	13.7	13.4	8.79
× 5	3.34	425	0.081	2.53	13.8	13.1	8.82
× 4	2.70	344	0.067	2.07	13.9	12.7	8.87
× 3	2.05	261	0.052	1.58	14.1	12.4	8.93
35 × 35 × 6	3.01	384	0.042	1.74	10.5	10.9	6.81
× 5	2.55	325	0.036	1.49	10.6	10.6	6.83
× 4	2.07	264	0.030	1.22	10.7	10.2	6.86
× 3	1.58	201	0.024	0.940	10.8	9.86	6.91
25 × 25 × 5	1.77	225	0.012	0.724	7.39	8.06	4.87
× 4	1.44	184	0.010	0.599	7.50	7.71	4.87
× 3	1.11	141	0.008	0.465	7.63	7.35	4.89

Lampiran 2. Tabel Baja konstruksi Umum menurut DIN 17100

2.5.6.: Baja konstruksi umum menurut DIN 17100 (Sept. 1966)

Golongan kualitas	? Tipe deoksidasi	No. bahan	Jenis baja menurut Euronorm 25	Kadar C (%)	Kekuatan		Penguatan	
					σ_B Sempat 100 mm ϕ (N/mm ²)	$\sigma_{0.2}$ min (N/mm ²)	δ 5 min (%)	HB
1-1		1.0033	Fe 33-0	—	340...480	190	18	—
1-2		1.0035	—	—	340...490	190	18	—
1-1	U	1.0100	Fe 34-A	0,17	330...410	200	28	95...120
1-2	R	1.0102	Fe 34-B3FU	0,15				
	RR	1.0108	Fe 34-B3FN					
1-1	U	1.0110	Fe 37-A	0,20	360...440	240	25	105...125
1-2	R	1.0111						
	RR	1.0112	Fe 37-B3FU	0,18				
1-3	RR	1.0114	Fe 37-B3FN	0,17				
		1.0116	Fe 37-C3					
1-1	U	1.0130	Fe 42-A	0,25	410...480	250	22	120...140
1-2	R	1.0131						
	RR	1.0132	Fe 42-B3FU	0,25				
1-3	RR	1.0134	Fe 42-B3FN	0,23				
		1.0136	Fe 42-C3					
1-1	R	1.0530	Fe 60-1	0,25	490...590	290	20	140...170
1-2	R	1.0532	Fe 60-2	0,30				
1-3	RR	1.0841	Fe 52-C3	0,2	510...610	350	22	—
1-1	R	1.0540	Fe 60-1	0,35	590...710	330	15	170...195
1-2	R	1.0572	Fe 60-2	0,40				
1-3	RR							
1-1	R	1.0632	Fe 70-2	0,6	690...830	360	10	195...240

* Untuk grup kualitas utama, harus mengandung kadar % P, S atau N yang rendah.

Q : Tepi yang tidak retak; Z : batang tarik; P : tempa; Po : untuk pipa.

* U : tidak stabil, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.

* Harga untuk tebal ≤ 16 mm, untuk 16... 40, σ_s ... 10 N/mm², untuk 40... 100 mm, σ_s ... 20 N/mm² dipilih lebih rendah.

Lampiran 3. Calculating the machining time for drilling operation (Jutz dan Scharkus, 1996)

Calculating machining time for drilling operations

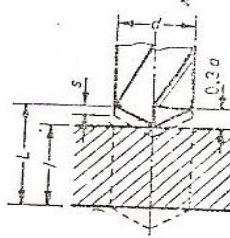
The machining (drilling) time is the period of time in which the machine performs the actual drilling operation

rpm—known

L = length of drill travel in mm
 $L = l + 0.3 d$
 d = diameter of the drill in mm
 n = revolutions per minute
 s_r = feed in mm/revolution
 s = feed per minute

t_m = machining time

$$t_m = \frac{L}{s_r \times n} \text{ min}$$



rpm—unknown

$L = l + 0.3 d$
 d = diameter of the drill in mm
 s_r = feed in mm/revolution
 v = cutting speed in m/min
 $v = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$
 $n = \frac{v \times 1000}{\pi \times d} \text{ min}$

t_m = machining time

$$t_m = \frac{L \times \pi \times d}{s_r \times v \times 1000} \text{ min}$$

Machining time = $\frac{\text{length of tool travel}}{\text{feed per min}}$

Example: $l = 35 \text{ mm}$ $d = 30 \text{ mm}$
 $s_r = 0.2 \text{ mm/rev}$ $n = 300 \text{ rpm}$
 $L = l + 0.3d = 35 + 0.3 \times 30$
 $= 35 + 9 = 44 \text{ mm}$
 $t_m = \frac{L}{s_r \times n} = \frac{44}{0.2 \times 300} = 0.73 \text{ min}$

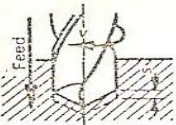
Example: $l = 35 \text{ mm}$ $d = 30 \text{ mm}$
 $s_r = 0.2 \text{ mm/rev}$ $v = 28 \text{ m/min}$
 $L = l + 0.3 d = 35 + 9 = 44 \text{ mm}$
 $t_m = \frac{L \times \pi \times d}{s_r \times v \times 1000} = \frac{44 \times \pi \times 30}{0.2 \times 28 \times 1000} = 0.73 \text{ min}$

Machining time in minutes per 10 mm length of tool travel

Feed s in mm/rev

rpm n	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.32	0.4	0.5	0.65
Machining time t_m in min/10 mm									
11.2	8.93	7.44	5.85	4.46	3.57	2.79	2.23	1.78	1.38
14	7.15	5.95	4.46	3.57	2.85	2.23	1.78	1.43	1.09
18	5.56	4.36	3.47	2.77	2.22	1.73	1.39	1.11	0.85
22.4	4.47	3.71	2.79	2.23	1.78	1.39	1.11	0.89	0.68
28	3.57	2.97	2.23	1.78	1.42	1.11	0.88	0.71	0.55
35.5	2.82	2.34	1.76	1.40	1.12	0.86	0.70	0.56	0.43
45	2.22	1.85	1.39	1.11	0.88	0.69	0.55	0.44	0.34
56	1.79	1.31	1.12	0.89	0.71	0.55	0.44	0.36	0.27
71	1.41	1.17	0.88	0.70	0.53	0.44	0.35	0.28	0.21
90	1.11	0.92	0.69	0.55	0.44	0.34	0.28	0.22	0.17
112	0.89	0.74	0.58	0.44	0.36	0.28	0.22	0.18	0.14
140	0.71	0.59	0.44	0.36	0.28	0.22	0.18	0.14	0.109
180	0.55	0.43	0.35	0.28	0.22	0.17	0.14	0.111	0.085
224	0.45	0.37	0.28	0.22	0.18	0.13	0.111	0.081	0.068
280	0.36	0.29	0.22	0.18	0.14	0.111	0.088	0.071	0.055
355	0.28	0.23	0.17	0.14	0.112	0.086	0.070	0.056	0.043
450	0.22	0.18	0.14	0.111	0.088	0.069	0.055	0.044	0.034
560	0.18	0.13	0.112	0.089	0.071	0.055	0.044	0.036	0.027
710	0.14	0.117	0.088	0.070	0.053	0.044	0.035	0.028	0.021
900	0.111	0.092	0.069	0.055	0.044	0.034	0.028	0.022	0.017
1120	0.089	0.074	0.058	0.044	0.036	0.028	0.022	0.018	0.014
1400	0.071	0.059	0.044	0.036	0.028	0.022	0.018	0.014	0.011
1800	0.055	0.043	0.035	0.028	0.022	0.017	0.014	0.011	0.008
2240	0.045	0.037	0.028	0.022	0.018	0.013	0.011	0.009	0.007
2800	0.035	0.029	0.022	0.018	0.014	0.011	0.009	0.007	0.006

Lampiran 4. Cutting speed v – Feed s – Colents (Jutz dan Scharkus, 1996)

Cutting speed v —Feed s —Coolants									
	v —Cutting speed: Peripheral speed in m/min. [The speed depends on the material which is to be processed as well as the type of drill to be used; it further depends on the rate of feed and the depth of the hole to be drilled.] s —Feed. Cutting speed and feed values are taken on the basis of a tool life for drilling a depth of 2000 mm. assuming that the depth to be drilled in one single hole is approximately twice the diameter.								
Material	Cutting speed using tool steel drills	Feed s (mm/rev)							Cooling and lubricating agents
		Cutting speed v in m/min with low-alloy high speed steel							
		Diameter of drill							
		5 ϕ	10 ϕ	15 ϕ	20 ϕ	25 ϕ	30 ϕ	35 ϕ	
Steel upto 40 kgf/mm ²	...20	0.1	0.18	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	Soluble oil mineral oil
Up to 60 kgf/mm ²	...14	15	18	22	26	29	32	35	
Up to 80 kgf/mm ²	...10	0.07	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	0.25	Sulphurized and chlorinated oil
Up to 100 kgf/mm ²	—	12	14	16	18	21	23	24	
Beyond 100 kgf/mm ²	—	8	10	13	15	17	18	19	
		0.015...0.17 mm/rev							
		6...12 m/min							
Grey cast iron Up to 18 kgf/mm ²	...14	0.15	0.24	0.3	0.32	0.35	0.38	0.4	Dry or plenty soluble oil
Up to 22 kgf/mm ²	...10	24	28	32	34	37	39	40	
Grey cast iron Up to 30 kgf/mm ²	...8	16	18	21	24	26	27	28	
		0.1	0.16	0.2	0.24	0.28	0.3	0.3	
Brass Up to 40 kgf/mm ²	...40	12	14	16	18	20	21	22	
		0.1	0.15	0.22	0.27	0.3	0.32	0.36	2/3 lard oil 1/3 kerosene
Up to 60 kgf/mm ²	...25	60...70 m/min							
Bronze Up to 30 kgf/mm ²	...15	0.07	0.12	0.18	0.24	0.25	0.28	0.32	
Up to 70 kgf/mm ²	...12	40...60 m/min							
		0.1	0.15	0.22	0.27	0.3	0.32	0.36	
		30...40 m/min							
Aluminium (pure)	...50	0.05	0.08	0.12	0.18	0.2	0.22	0.26	2/3 lard oil 1/3 kerosene
Aluminium alloys	...40	25...35 m/min							
		0.05	0.12	0.2	0.3	0.35	0.4	0.46	
Magnesium alloys	...80	80...120 m/min							Dry or special oil
Moulded plastics Pressed materials	...15	0.12	0.2	0.3	0.4	0.46	0.5	0.6	
		100...150 m/min							Compressed air
		0.15	0.2	0.3	0.38	0.4	0.45	0.5	
		200...250 m/min							
		0.04	0.05	0.07	0.1	0.12	0.15	0.17	Compressed air
		35...45 m/min							